

# Quantenmechanik

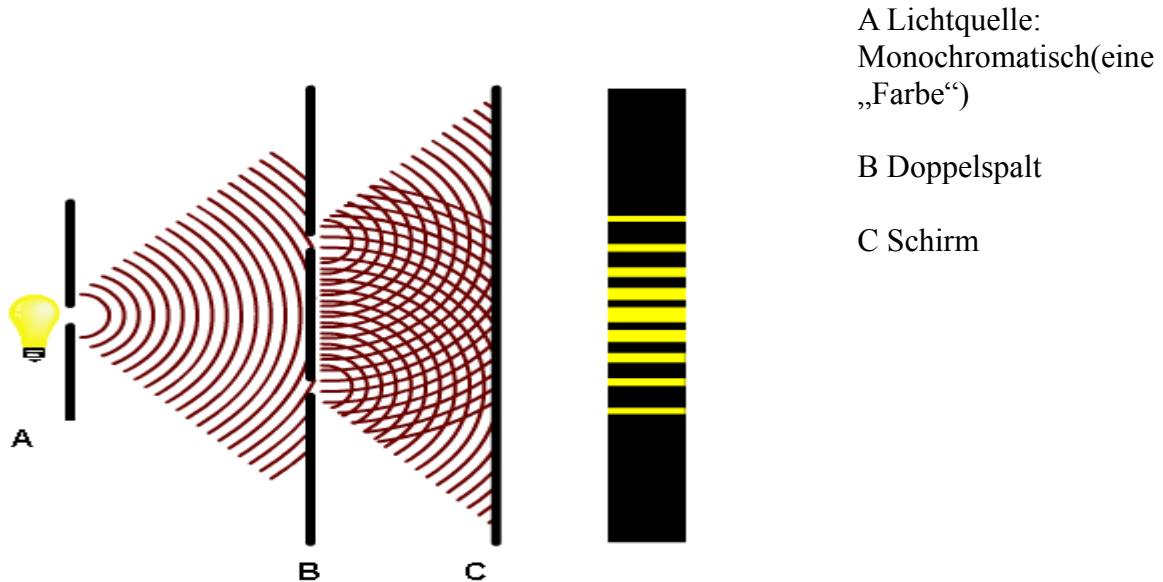
## Teil I

## Doppelspaltversuch und Welle-Teilchen-Dualismus/Verschränkung

-Eigenarten der Quantennatur

### I. Der Versuch

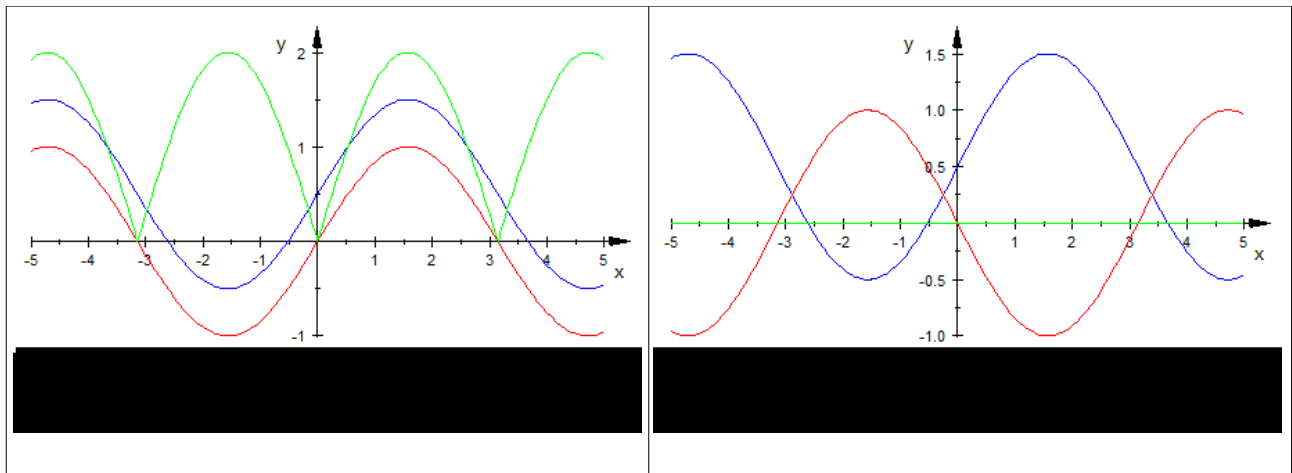
-erstmal durchgeführt 1802 Thomas Young um Wellencharakter zu zeigen



### Interferenzmuster

#### I. Licht als Welle

Klassisches Wellenmodell: Das Licht wird als Welle gedacht. An den Spalten entstehen 2 neue Elementarwellen, deren Amplituden (Auslenkungen) sich Addieren. Wegen der Unterschiede zwischen den Lichtwegen können diese sich verschieden überlagern:



- das Entstehen des Interferenzmusters ist Welleneigenschaft

Licht verhält sich also wie eine Welle (auch Wasserwellen interferieren)

## Licht als Teilchen

- stellen wir uns nun folgendes vor: Die Lichtquelle sendet Licht mit niedriger Intensität, das heißt **sehr geringe Teilchenanzahl/Zeit**. Die Zeit zwischen 2 ausgesendeten Lichtteilchen(Photonen) sei ausreichend groß, um eine Wechselwirkung zwischen ihnen auszuschließen.
- jedes **Teilchen** kann einzeln auf dem Schirm **als scharfer Lichtpunkt** detektiert werden und ergibt eine völlig zufällige Verteilung( es ist nicht vorhersagbar, wo das Lichtteilchen detektiert werden wird.)
- weitere Teilchen-Eigenschaften, wie z.B. Impuls kommen aus dem Comptonstreuversuch (→ <http://de.wikipedia.org/wiki/Compton-Effekt>).

Licht verhält sich also auch wie ein Teilchen.

Betrachtet man aber über einen langen Zeitraum (d.h. Es treffen viele Teilchen auf dem Schirm) und merkt sich die Orte des Auftreffens, so ergibt sich wieder ein Muster, das dem Interferenzmuster entspricht.

## **Die Modelle Teilchen und Welle widersprechen sich in der klassischen Physik !**

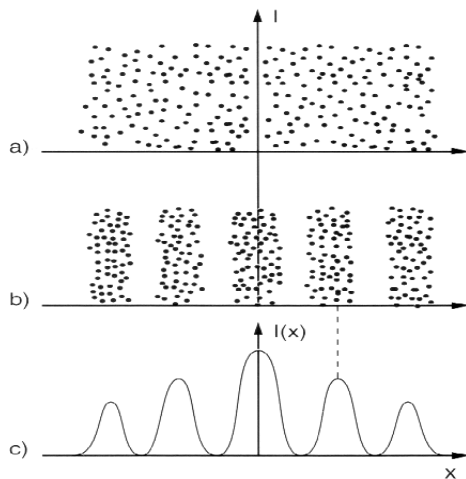
, dabei sind Teilchen kleinste Teilchen die fest voneinander abgegrenzt sind(kleine Bälle sozusagen), eine Welle ist hingegen ein räumlich und zeitlich veränderliches Feld welches Energie und keine Masse transportiert.

## Teilchen als Welle:

Das vorherige Experiment lässt sich auch mit massebehafteten Teilchen durchführen, wie z.B. Neutronen, Atomen , Fullerene-Moleküle(bestehend aus 60 Kohlenstoffatomen) mit einer hohen Ruhemasse , etc.

Diese werden auch als Teilchen detektiert.

Auch hier ergibt sich anfangs ein zufällig wirkendes Muster, bei Erhöhung der Anzahl der ausgesandten Teilchen ergibt sich dennoch wieder ein Interferenz Muster.



**Abb. 3.16a–c.** Erzeugung einer Interferenzstruktur mittels Interferenz am Doppelspalt **(a)** für sehr kleine Lichtintensitäten, bei denen  $\Delta N > N_{\max} - N_{\min}$  ist; **(b)** für  $\Delta N \approx N_{\max} - N_{\min}$ ; **(c)** für große Intensitäten

Auch „echte“ Teilchen (Teilchen mit Masse) können sich verhalten wie Wellen.

**ACHTUNG!:** Teilchen und Wellen sind von uns gedachte Modelle um die Natur zu beschreiben. (Für das Elektron selbst besteht kein Widerspruch)

Nachdem jedoch ca. 300-400 Jahre sich die klassische Physik etabliert hat, haben sich die Modelle auch als gültig etabliert, und somit auch die fundamentale Trennung beider Prinzipien.

Der Widerspruch von Welle und Teilchen als konkurrierende Modelle zur Beschreibung von Naturphänomenen kann in der klassischen Physik nicht aufgelöst werden.

Einen neuen Ansatz bietet die Quantenmechanik, in der Wellen- und Teilchen-Modell gleichermaßen Gültigkeit haben und nicht mehr von einander zu separieren sind. Die einzelnen Umstände geben erst vor, welche Beschreibung für dasselbe Objekt geeigneter ist. Dieses Denkmodell bezeichnen wir als **Welle-Teilchen Dualismus**.

(→ <http://de.wikipedia.org/wiki/Welle-Teilchen-Dualismus>)

Unser Denken bindet also nicht mehr Objekte an die Modelle Welle und Teilchen, sondern nur noch jeweilige Verhaltensweisen/Phänomene der Objekte in Wechselwirkung mit der Umgebung.

Mithilfe der Materiewellen (de Broglie → [http://de.wikipedia.org/wiki/Louis-Victor\\_de\\_Broglie#Materiewellen](http://de.wikipedia.org/wiki/Louis-Victor_de_Broglie#Materiewellen)) (man weist jedem Teilchen eine Wellenlänge zu) lassen sich in der Quantenphysik alle Objekte mithilfe der Wellenfunktionen beschreiben.